LE POINT EN RECHERCHE

Série technique 00-124

RÉPARATIONS DE BÉTON EFFICIENTES : RECHERCHE, INVESTIGATION, ANALYSE ET MISE EN ŒUVRE

Introduction

Il existe de nombreux mécanismes de détérioration du béton ainsi qu'une variété de facteurs contributifs. Puisqu'il existe également de nombreuses solutions de rechange pour chacune des catégories de détérioration, un choix judicieux tient aussi bien de critères financiers que de critères techniques. Les causes des problèmes techniques observés et les moyens utilisés pour réparer le béton ont fait l'objet de recherches considérables au cours des 30 dernières années. Les progrès accomplis dans l'élaboration de matériaux et dans les techniques de démolition, de réparation et de protection ont devancé considérablement l'estimation des coûts globaux et l'analyse des coûts-avantages relatives à une même réparation.

La recherche est unique en ce sens qu'elle vise un public composé de propriétaires et de gérants d'immeubles, plutôt que d'ingénieurs et de chercheurs. Le rapport final examine des stratégies de réparation variées en fonction des besoins de divers propriétaires et fournit des exemples à l'aide de données portant sur le coût des réparations et d'outils d'évaluation analytique des coûts dont les propriétaires peuvent se servir pour produire des évaluations économiques. Enfin, le rapport fournit des balises à suivre lorsque les propriétaires s'attaquent à la réparation d'ouvrages en béton.

Programme de recherche

Le besoin de connaître les causes de détérioration du béton et les rectificatifs à apporter aux problèmes a été à la base de recherches étendues effectuées au Canada au cours des 30 dernières années. Un des buts de ces recherches était de produire un résumé facile à utiliser, tiré de l'immense quantité d'information déjà disponible sur la durabilité et la réparation du béton, que les propriétaires pourraient consulter lorsqu'ils sont aux prises avec des ouvrages de béton détériorés. Le programme de recherche consistait à effectuer le dépouillement d'environ 80 documents.

Introduction

Le rapport intitulé *Cost-Effective Concrete Repair: Research, Investigation, Analysis, and Implementation* examine les caractéristiques nécessaires à la production d'ouvrages de béton durables, les facteurs ayant contribué à la détérioration, les méthodes d'essai courantes et nouvelles pour évaluer l'état du béton, et les techniques de réparation courantes ainsi que les questions relatives aux coûts de réparation du béton. Le rapport comporte quatre chapitres et neuf annexes :

Chapitre 1	Détérioration du béton
Chapitre 2	Méthodes d'essai et d'évaluation
Chapitre 3	Options de réparation et coûts requis
Chapitre 4	Techniques de réparation et de protection
Annexe A	Recherches sur la durabilité du béton
Annexe B	Durabilité et normes de construction
Annexe C	Durabilité et composition du béton
Annexe D	Écaillage et dommages résultant du gel-dégel
Annexe E	Corrosion électrochimique
Annexe F	Conception, durabilité et sécurité
Annexe G	Estimation du coût global
Annexe H	Protection cathodique
Annexe I	Coûts typiques lies à la réparation et à la protection du béton

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

Voici quelques faits saillants tirés de chacun des chapitres :

Détérioration du béton

Les formes les plus courantes de détérioration sont les suivantes : l'écaillage, la désintégration, la fissuration (fissures étroites et larges), la lixiviation, l'efflorescence, la délamination et l'effritement (résultant de l'action des chlorures ou de la carbonatation).

Le béton se détériore tant en raison de sa fabrication (conception et construction) que de son milieu d'utilisation (environnement et surcharges). Pour réussir une réparation de béton, celle-ci doit convenir au problème et subséquemment répondre aussi bien aux critères liés à sa mise en place qu'à ses conditions d'utilisation.

On croit que les exigences de conception du Code du bâtiment au fil des ans, plus particulièrement les modifications apportées vers 1970 ayant trait à la conception aux états limites, qui admettait des éléments plus élancés, pourraient avoir contribué à la détérioration accrue des ouvrages en béton. Toutefois, cette détérioration a aussi provoqué d'autres changements, avantageux cette fois, au chapitre du Code et des règles de l'art, dont les suivants : les tiges d'acier d'armature enrobées d'époxyde, l'utilisation de béton à air occlus, l'augmentation à 2 % des pentes vers les avaloirs de sol et la prescription d'exigences minimales de protection par l'application d'imperméabilisants et de bouche-pores et par la pose d'un béton durable convenant aux conditions d'exposition.

Méthodes d'essai et d'évaluation

Les essais effectués pour évaluer l'état du béton armé dans les bâtiments sont présentés au tableau 1.

Un examen visuel doit toujours constituer l'étape première lors de l'évaluation de l'état. On aura recours aux autres essais en fonction des désordres observés selon les indications du tableau 1.

Options de réparation et coûts requis

On a établi huit étapes principales dans une démarche pour déterminer les besoins et arrêter la stratégie de réparation :

Étape 1 Définir le problème ainsi que la cause des dommages observés.

Étape 2 Établir les objectifs de la réparation, ainsi que toutes les contraintes pouvant influer sur la mise en œuvre des réparations.

Étape 3 On recommande (dans la plupart des cas) que le propriétaire fasse appel à un consultant-expert. Le propriétaire et le consultant doivent s'entendre sur les objectifs et les contraintes, y compris les questions relatives aux finances, à la technique et à l'exploitation.

Figure 1 : Essais et méthodes d'évaluation relatives à la détérioration du béton et ses causes principales

● Habituel
○ Occasionnel

Détérioration	Examens - essais									Causes principales										
	Visuel sans aide	Visuel - microscope	Sondages à l'aide d'un marteau ou d'une chaîne	pH	Potentiel électrique	Appareil de mesure de l'enrobage du béton	Teneur en chlorures	Absorption	Essais non destructifs spéciaux	Humidité	Chlorures	Sulfates	Dioxyde de carbone et humidité	Métaux noyés non protégés	Armature mal placée	Contraintes thermiques	Surcharges	Granulats délétères	Retrait initial	Mauvaise distribution de l'air occlus	Mise en place, mûrissage et finition mal exécutés
Écaillage et épaufrures	●	●						●		●	●							○		●	○
Désintégration	●	●							○	●		○						●			
Fissure large	●								○						○	○	●				
Petite fissure	●								○						○				●		●
Lixiviation et efflorescence	●							○		●	●	○					○		○		
Corrosion de l'armature	●		●	●	●	○	●	○		●	●		○	●	○						
Corrosion des câbles de post-tension	●								●	●	●			●							
Carbonatation	●		●	●				○		●	●		○		○						○

2007-00934

Étape 4 À partir des objectifs sur lesquels on se sera entendus, le consultant mettra au point un protocole d'évaluation.

Étape 5 Le consultant effectue les évaluations et le propriétaire analyse les options de financement.

Étape 6 Le propriétaire et le consultant devraient revoir conjointement l'évaluation technique achevée et les répercussions de chacune des solutions de rechange afin de sélectionner la réparation la plus avantageuse, compte tenu de la situation.

Étape 7 On devra préparer les spécifications et les documents contractuels relatifs aux réparations.

Étape 8 Les entrepreneurs qui se sont pré-qualifiés devraient être invités à soumissionner, et l'entrepreneur sélectionné effectuera les travaux.

On recommande aux propriétaires de ne pas accepter les recommandations de consultants qui proposent une seule option de réparation. Des solutions de rechange sont disponibles dans virtuellement tous les cas de béton détérioré ou endommagé, et à chacune des ces options correspond un coût. Il faut donc faire le lien entre l'évaluation technique des causes des dommages et l'analyse de faisabilité financière des différentes stratégies de réparation. Cette analyse est effectuée à l'aide d'une ou de plusieurs des trois méthodes courantes décrites ci-dessous :

Analyse coûts-avantages : Il s'agit de comparer les coûts connus d'une ou de plusieurs options de réparation aux avantages attendus sur une période donnée.

Analyse de conformité : Ici, on compare une ou plusieurs options de réparation ayant des coûts connus à une série d'objectifs prescrits.

Estimation du coût global : Il s'agit de comparer le coût global résultant de la conception, de la réparation, de l'entretien et de toutes les itérations futures du même procédé de réparation sur la vie utile estimative de l'élément de la structure, et ce, pour chacune des options de réparation.

Techniques de réparation et de protection

Auparavant, on réparait le béton en enlevant le béton endommagé et en le remplaçant par un béton semblable. Or, au cours de la dernière décennie, on a mis au point de nombreux matériaux de réparation pour le béton : on en dénombre maintenant des centaines incluant les produits pour réparer les fissures, les ciments spécialisés et les ensembles de réparation composés de textiles, de treillis et de fibres renforcés. De manière générale, on peut regrouper la majorité des produits les plus utilisés selon leur mode d'usage :

Matériaux de remplacement : réparations localisées à l'aide de béton de ciment Portland normal, le béton modifié au latex, le béton époxydique et les ciments enrichis de phosphate de magnésium.

Bouche-fentes et adhésifs : gels cristallins et chimiques.

Stabilisateur de surface : particules fines de silice et le méthacrylate de polyméthyl imprégné.

Une fois que le produit de réparation aura été choisi pour répondre à un cas particulier, il est fort probable que la méthode d'application déterminera la durabilité de la réparation. Les facteurs à considérer dans la conception de la réparation comprennent les suivants :

Techniques d'enlèvement : dégarnissage, eau sous pression élevée.

Configuration de la réparation : les côtés de la réparation peuvent prendre la forme d'un V, ou être à angle droit, à queue d'aronde ou biseautés.

Préparation de la surface : eau sous pression élevée, produits chimiques, projection abrasive.

Liaisonnement : agents de liaisonnement ou adhésifs comme les coulis de ciments ou d'époxydes qui misent sur les propriétés de la membrane de réparation.

Une fois que le béton a été réparé, il faut souvent le protéger du même environnement agressif qui a causé les dommages à l'origine, normalement à l'aide de membranes imperméabilisantes ou de bouche-pores. On peut aussi protéger les dalles suspendues des garages contre les délaminages ou les épaufrures résultant de la corrosion en installant un système de protection cathodique. On démolit parfois le béton afin de recouvrir l'armature d'époxyde et ainsi isoler l'acier qui avait provoqué le délaminage au départ.

On trouve très peu de documents portant sur le rendement des mesures correctives. Cependant, certaines études avancent que les méthodes courantes de réparation peuvent être adéquates si elles bénéficient d'un entretien régulier.

Note de l'auteur (septembre 2000) : *Depuis le début des années 90, date d'achèvement de l'étude, l'auteur a noté une augmentation de la fréquence de remplacement des dalles suspendues des garages, ou du moins, le remplacement de la première couche de 75 à 100 mm de béton, y compris l'armature en chapeau. Ces travaux sont exécutés comme suite à la défaillance prématurée des réparations classiques après seulement 12 à 15 ans. Puisque chaque emplacement possède des conditions d'exposition particulières qui régissent la durée des réparations, la tendance vers une diminution de la durée utile des réparations classiques doit être évaluée dans une perspective globale en tenant compte de l'évaluation financière des options de réparation.*

Conséquences pour le secteur du logement

Le rapport intitulé *Cost-Effective Concrete Repair: Research, Investigation, Analysis, and Implementation* compile de nombreux travaux de recherche réalisés par la SCHL. Il a été rédigé à l'intention des propriétaires et des gérants d'immeubles afin de soutenir leurs efforts dans leur démarche pour réparer le béton détérioré. Le corps du rapport fournit des renseignements d'ordre général et une appréciation des questions relatives aux réparations du béton. Les annexes fournissent davantage de renseignements qui peuvent s'avérer utiles pour les propriétaires et les gérants d'immeubles lors de leurs discussions avec les consultants portant sur les options de réparation.

Renseignements : Silvio Plescia

Consultants de recherche : Gerard R. Genge Building Consultants Inc., Morrison Hershfield Limited

On peut obtenir un rapport complet sur ce projet de recherche auprès du Centre Canadien de documentation sur l'habitation à adresse indiquée ci-après.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à consacrer des fonds à la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à en publier et à en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Les feuillets documentaires de la série **Le point en recherche** comptent parmi les diverses publications sur le logement produites par la SCHL.

Pour recevoir la liste complète de la série **Le point en recherche**, ou pour obtenir des renseignements sur la recherche et l'information sur le logement de la SCHL, veuillez vous adresser au :

Centre canadien de documentation sur l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario) K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.cmhc-schl.gc.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La SCHL se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.